OSCAR LOPEZ
TF: 396 77 27
2. AMARILLA D1
LUNES 10-13h
JUEVES 16-19h

ELECTRÓNI CA APLICACIONES

MANUAL DE PRÁCTICAS CURSO 1996-1997

ELECTRONICA APLICACIONES

PRACTICA 3

OSCILADORES SINUSOIDALES

PRACTICA 3: OSCILADORES SINUSOIDALES

I. INTRODUCCION

Esta práctica consiste de tres partes y tres montajes. Mediante estos tres montajes, se pretende que el alumno conozca diferentes formas de construir osciladores. Las condiciones de arranque y mantenimiento de la oscilación en estos circuitos, así como la frecuencia de oscilación se pueden calcular de la expresión de la ganancia de lazo. Este método sirve cualesquiera que sea la topología del circuito oscilador. En condición de oscilación, la salida sinusoidal se ha de producir sin tener ninguna señal de entrada. Esto es posible siempre y cuando la ganancia de lazo, T(s) sea igual a -1. A partir de esta condición general se puede determinar tanto la frecuencia de oscilación como la condición de arranque y mantenimiento de dicha oscilación.

En cambio, la realización práctica de estos circuitos pone en evidencia ciertas dificultades en el arranque de algunos de ellos. Esto es así porque en algunos casos la condición de arranque del oscilador depende de algún parámetro del dispositivo activo, que tiende a variar. Si a la desigualdad que define la condición de arranque se le hace que sea fuertemente desigual, entonces garantizamos que el circuito arranque, con el peligro de que el circuito entre en saturación debido a la entrada de los polos en el semiplano derecho. Si por el contrario, la desigualdad se cumple muy débilmente, es posible que el circuito tarde bastante en arrancar o incluso no arranque. En general, se ha de buscar un compromiso entre ambos.

El primer montaje es un oscilador por red desfasadora y el elemento amplificador lo constituye un BJT en configuración de emisor común. La red desfasadora está constituida por una red R-C que se encarga de desfasar la señal 180º.

El segundo montaje consiste en un oscilador en puente de Wien que utiliza un amplificador operacional como elemento activo. La frecuencia de oscilación viene fijada por una pareja idéntica de resistencias y condensadores.

El ultimo montaje utiliza un cristal como elemento reactivo en la red de realimentación. El cristal nos produce una frecuencia de oscilación muy estable y precisa, y es el método habitual de generar ondas de alta frecuencia de elevada precisión.

3.1 OSCILADOR EN DESPLAZAMIENTO DE FASE.

I. INTRODUCCION.

El oscilador de la figura 1 utiliza una red R-C para efectuar un desplazamiento en la fase de la señal de salida, realimentándola a la etapa emisor común. Los 3 condensadores idénticos C y las Rs de esta red desfasadora son las que determinan la frecuencia de oscilación, mientras la condición de arranque viene fijada por R, Rc1 y la hfe del transistor.

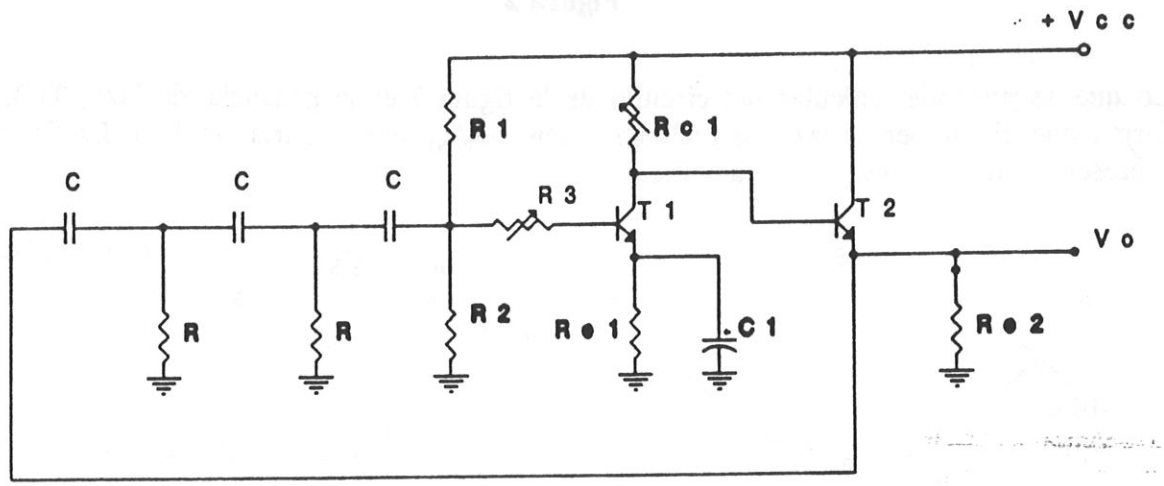


Figura 1

II. MATERIAL NECESARIO.

Resistencias

R_1=68kΩ R_2=56kΩ R_{E2}=10kΩ R_{E1}=10kΩ
R_3=ajustable de 2,5kΩ R_{C1}=ajustable de 1kΩ
3 x R=?? (diseñar)

Condensadores

3 x C=?? (diseñar) C_1=1μF (12V) electrolítico

Transistores

2 x BC108 o equivalente

III. ESTUDIO PREVIO.

En el análisis del circuito de arriba, es evidente que no existe ningún punto de alta impedancia en donde podríamos romper el circuito y analizar T(s). En este caso, optamos por romper el lazo de realimentación en la base del transistor T1, tomando

como entrada la corriente de base i_{b1}. Al romper el lazo, se han de tomar en cuenta los efectos de carga, y por tanto, se ha de reflejar Z_{in} en el extremo derecho del lazo abierto. Finalmente, sustituyendo el modelo a frecuencias medias de los transistores y analizando en señal, el circuito se nos reduce al mostrado en la figura 2.

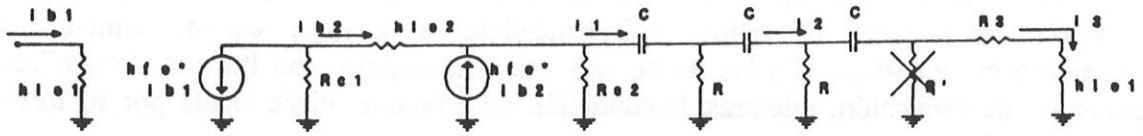


Figura 2

Lo que se pretende calcular del circuito de la figura 2 es la ganancia de lazo, T(s), de forma que al romper el lazo de realimentación, $-i_3/i_{b1}$ representaría la T(s). La figura 3 representa lo dicho esquemáticamente.

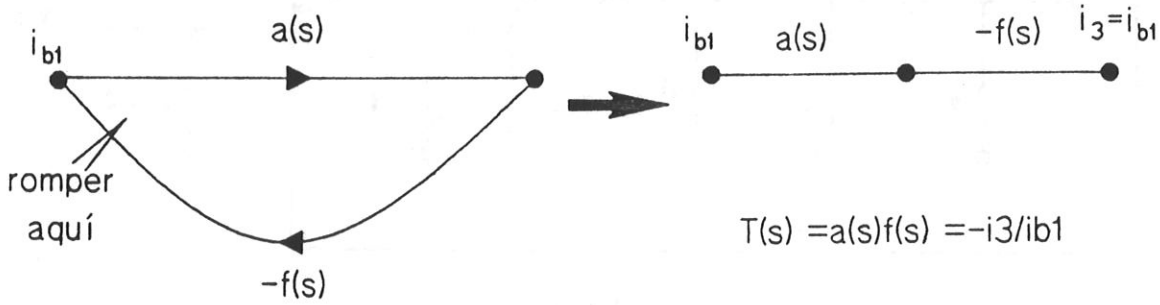


Figura 3

Efectuando un análisis de mallas del circuito 2 y tomando hfe=hfe1=hfe2, $h_{ie}=h_{ie1}=h_{ie2}$ y $R_1||R_2 \dashrightarrow \infty$:

$$[R_{C1}+h_{ie2}+R_{E2}(1+h_{fe})]i_{b2} + h_{fe}R_{c1}i_{b1} - R_{E2}i_1 - 0 \qquad (1)$$

$$\left[\frac{1}{jwC}+R+R_{E2}\right]i_1 - [h_{fe}+1]R_{E2}i_{b2} - i_2R - 0 \qquad (2)$$

$$-Ri_1+\left[2R+\left(\frac{1}{jwC}\right)\right]i_2-Ri_3-0 \qquad (3)$$

$$\left[R_3+h_{ie1}+R+\left(\frac{1}{jwC}\right)\right]i_3-R\,i_2-0 \qquad (4)$$

esta última es simplemente:

$$\left[2R+\left(\frac{1}{jwC}\right)\right]i_3-R\,i_2=0 \tag{5}$$

Sustituyendo (5) en (3):

$$i_1-\frac{1}{R}i_3\left[\frac{1}{R}(2R+1/jwC)^2-R\right] \tag{6}$$

Aproximando hfe+1≈hfe y sustituyendo (6) y (4) en (2):

$$i_{b2}=i_3\cdot\frac{[(1/jwC)+R+R_{E2}]\left[(2R+(1/jwC))^2-R^2\right]-2R^3-(R^2/(jwC))}{h_{fe}R_{E2}R^2} \tag{7}$$

Simplificando $[R_{C1}+h_{ie2}+R_{E2}(1+h_{fe})]\approx R_{E2}h_{fe}$, y sustituyendo (7) y (6) en (1) se obtiene:

$$i_3\left[\frac{\left[(1/jwC+R+R_{E2})\left[(2R+\frac{1}{jwC})^2-R^2\right]-2R^3-R^2/jwC\right]}{h_{fe}R_{E2}R^2}-\frac{R_{E2}}{R}\left[1/R(2R+1/jwC)^2-R\right]\right] \tag{8}$$

$$+[h_{fe}R_{C1}i_{b1}]=0$$

Desarrollando esta última:

$$\frac{i_3}{R^2}\left[(1/jwC+R+R_{E2})\left(\left(2R+\frac{1}{jwC}\right)^2-R^2\right)\right]-2R^3-\frac{R^2}{jwC}-R_{E2}\left(\left(2R+\frac{1}{jwC}\right)^2-R^2\right)+h_{fe}R_{C1}i_{b1}=0$$

y:

$$\frac{i_3}{R^2}\left[\left(\frac{1}{jwC}+R\right)\left(\left(2R+\frac{1}{jwC}\right)^2-R^2\right)-2R^3-\frac{R^2}{jwC}\right]+h_{fe}R_{C1}i_{b1}=0 \tag{10}$$

entonces la ganancia de lazo es:

$$T(s)=-\frac{i_3}{i_{b1}}=\frac{h_{fe}R_{C1}R^2}{\left(\frac{6R^2}{jwC}-\frac{1}{jw^3C^3}\right)+R^3-\frac{5R}{w^2C^2}} \tag{11}$$

Para obtener la frecuencia de oscilación y las condiciones de arranque y mantenimiento de la oscilación se aplica Imag[T(s)]=0 y Real[T(s)]=-1. Aplicando la primera condición:

Imag[T(s)]=0, entonces del denominador:

$$\frac{6R^2}{jwC}-\frac{1}{jw^3C^3} \tag{12}$$

de aquí:

$$w^2C^2=\frac{1}{6R^2} \tag{13}$$

finalmente:

$$w=\frac{1}{\sqrt{6}RC} \tag{14}$$

aplicando la segunda condición, Real[T(s)]=-1:

$$\frac{h_{fe}R_{C1}R^2}{R^3-\frac{5R}{w^2C^2}}=-1 \tag{15}$$

$$h_{fe}R_{C1}R^2=-\frac{5R}{w^2C^2}-R^3 \tag{16}$$

$$h_{fe}R_{C1}R^2=-\frac{5R}{\left(\frac{C^2}{6R^2C^2}\right)}-R^3 \tag{17}$$

$$h_{fe}R_{C1}R^2=-30R^3-R^3 \tag{18}$$

con lo cual la condición que hace que los polos se sitúen justo en el eje jw es:

$$\frac{h_{fe}R_{C1}}{R}=-29 \tag{19}$$

para que el circuito arranque:

$$\frac{h_{fe}R_{C1}}{R}>29 \tag{20}$$

IV. TRABAJO TEORICO.

1. Diseñar los componentes R y C para una frecuencia de oscilación de 1,5 kHz. Tomar $R_{C1}=640\Omega$.

2. Escoger R_3 adecuadamente, teniendo en cuenta la h_{ie} del transistor.

V. TRABAJO DE LABORATORIO

1. Comprobar el funcionamiento del circuito con el condensador C calculado para 1,5kHz. En caso de que se tengan que ajustar R_{C1} y R_3, anotar su nuevo valor.

2. Realizar una gráfica correspondiente a 1/C - f siendo C la capacidad de los condensadores de la red desfasadora y f la frecuencia de oscilación. Utilizar 5 valores diferentes para C entre 1nF y 100nF.

3.2 OSCILADOR EN PUENTE DE WIEN.

I. INTRODUCCION

El oscilador de la figura 1 utiliza un puente de Wien para conseguir la oscilación. En este circuito, se ha utilizado un amplificador operacional como elemento activo, mientras que los elementos R y C son los que definen la frecuencia de oscilación, y las resistencia R_1, R_2, R_3 y R_4 son las que fijan la ganancia de la etapa amplificadora. Los diodos zener D_{z1} y D_{z2} introducen una no-linealidad en el circuito para poder mantener las condiciones de arranque y mantenimiento simultáneamente.

El objetivo de esta práctica es primero, verificar las expresiones para la frecuencia de oscilación y condición de arranque obtenidas de la expresión de la ganancia de lazo y segundo, entender la importancia que tiene la red de zeners en el arranque y mantenimiento de la oscilación.

II. MATERIAL NECESARIO.

Resistencias

$R_1 = 150\Omega$ $R_2 = 820\Omega$ $R_3 = 2k\Omega$
$R_4 = ??$(diseñar) y $5,6k\Omega$ 2 de $R = 15k\Omega$

Condensadores

2 de C = ?? (diseñar)

Diodos zener

2 de 5,1V

Circuitos Integrados

1 de μA741

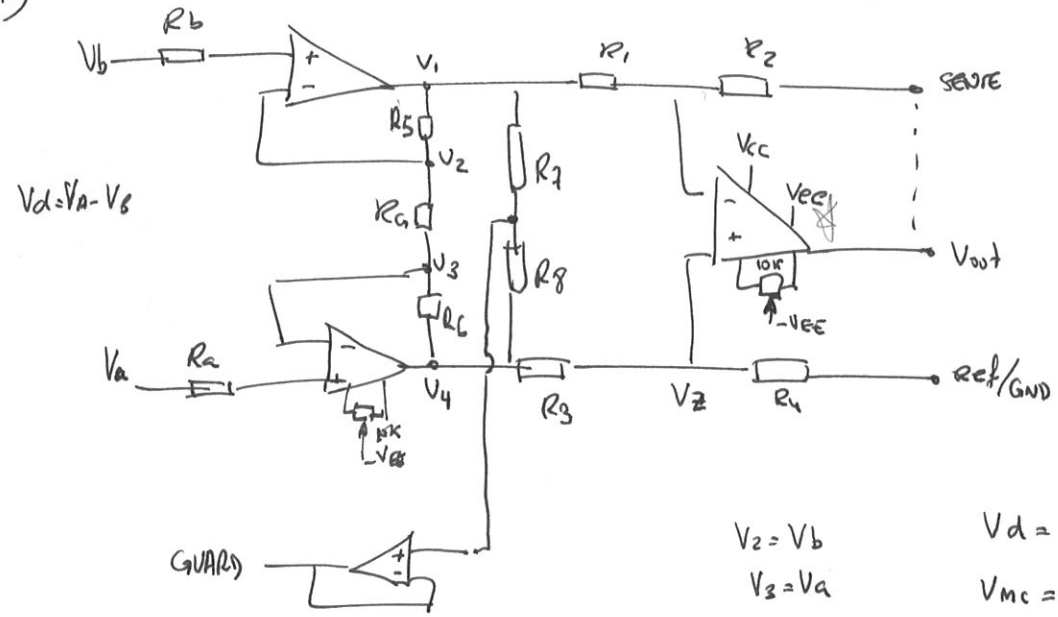
III. ESTUDIO PREVIO

En el circuito de la figura, se pueden apreciar los zeners D_{z1} y D_{z2}. Estos dos zeners estarán en circuito abierto para tensiones V_{out}-V_{R1} muy pequeñas, típicamente cuando el circuito está arrancando. En ese caso la R_4 se ignora y el flujograma correspondiente en este estado viene a ser el mostrado en la figura 2.

P2

Schemi precedenti

P1)



$V_2 = V_b$ $\quad V_3 = V_a$

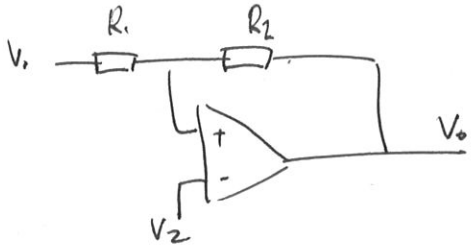
$V_d = V_a - V_b$ $\quad V_{mc} = \frac{V_a + V_b}{2}$ $\quad \Rightarrow \quad V_b = V_{mc} - \frac{V_d}{2}$ $\quad V_a = V_{mc} + \frac{V_d}{2}$

$$\frac{V_1 - V_2}{R_5} = \frac{V_2 - V_3}{R_7} = \frac{V_3 - V_4}{R_6}$$

$$V_1 = \frac{R_5}{R_7}(V_2 - V_3) + V_2 = V_b\left(1 + \frac{R_5}{R_7}\right) - V_a\frac{R_5}{R_7}$$

$$\frac{V_4}{R_6} = V_3\left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7}\right) - \frac{V_2}{R_7} \quad \rightarrow \quad V_4 = -V_b\frac{R_6}{R_7} + V_a\left(\frac{R_6}{R_7} + 1\right)$$

$$V_z = \frac{V_{ref} \cdot R_3 + V_4 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$



$$\frac{V_1 - V_z}{R_1} = \frac{V_z - V_o}{R_2} \quad \rightarrow \quad V_o = V_z\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - \frac{V_1 R_2}{R_1}$$

$$V_o = \left(\frac{V_{ref} \cdot R_3 + R_4 \cdot V_4}{R_3 + R_4}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - \left[V_b\left(1 + \frac{R_5}{R_7}\right) - V_a\frac{R_5}{R_7}\right] \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

$$V_o = V_{ref}\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_3}{R_3+R_4}\right) + \left[-V_b\frac{R_6}{R_5} + V_a\left(1+\frac{R_6}{R_5}\right)\right]\cdot\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right) - V_b\left(\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot\left(\frac{R_5+R_5}{R_5}\right) + V_a\left(\frac{R_5 R_2}{R_5 R_1}\right) =$$

$$= V_a\left[\left(\frac{R_5 R_2}{R_5 R_1}\right) + \left(\frac{R_5+R_6}{R_5}\right)\cdot\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\cdot\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)\right] - V_b\left[\left(\frac{R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_5+R_5}{R_5}\right) + \frac{R_6}{R_5}\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)\right] =$$

$$= \left(V_{mc}+\frac{V_d}{2}\right)\cdot[\cdots] - \left(V_{mc}-\frac{V_d}{2}\right)\cdot[\cdots]$$

$$V_o = V_{mc}\left[\frac{R_2 R_5}{R_5 R_1} + \left(\frac{R_5+R_6}{R_5}\right)\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right) - \frac{R_2(R_5+R_5)}{R_1 R_5} - \frac{R_6}{R_5}\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)\right] +$$

$$+ \frac{V_d}{2}\left[\frac{R_5 R_2}{R_5 R_1} + \left(\frac{R_5+2R_6}{R_5}\right)\cdot\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\cdot\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right) + \frac{R_2(R_5+2R_5)}{R_1 R_5} + \frac{R_6}{R_5}\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\cdot\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)\right]$$

$$V_o = V_{ref}\left(\frac{R_3(R_1+R_2)}{R_1(R_3+R_4)}\right) + V_{mc}\underbrace{\left[\frac{R_4(R_1+R_2)}{R_1(R_3+R_4)} - \frac{R_2}{R_1}\right]}_{A_{mc}} + \frac{V_d}{2}\underbrace{\left[\left(\frac{R_5+2R_6}{R_5}\right)\cdot\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right) + \frac{R_2(R_5+2R_5)}{R_1 R_5}\right]}_{A_d}$$

$$CMRR = \frac{A_d}{A_{mc}}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\left[\left(\frac{R_5+2R_6}{R_5}\right)\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right) + \frac{R_2(R_5+2R_5)}{R_1 R_5}\right]}{\frac{R_4(R_1+R_2)}{R_1(R_3+R_4)} - \frac{R_2}{R_1}} = \frac{(R_5+2R_6)R_4(R_1+R_2) + R_2(R_5+2R_5)(R_3+R_4)}{2\left(R_4 R_5(R_1+R_2) - R_2 R_5(R_3+R_4)\right)} =$$

$$V_{GUARD} \Rightarrow \quad \frac{V_1 - V_G}{R_7} = \frac{V_G - V_4}{R_8} \qquad \frac{V_1}{R_7} + \frac{V_4}{R_8} = V_G\left(\frac{1}{R_8} + \frac{1}{R_7}\right) \rightarrow \quad V_G = \frac{V_1}{R_7}\left(\frac{R_7 R_8}{R_7 + R_8}\right) + \frac{V_4}{R_8}\left(\frac{R_7 R_8}{R_7 + R_8}\right)$$

$$V_{GUARD} = \left(\frac{R_9 R_7}{R_8 + R_7}\right)\left[\left(V_b\left(1 + \frac{R_5}{R_9}\right) - V_a\frac{R_5}{R_9}\right)\frac{1}{R_7} + \left(-\frac{V_b R_6}{R_9} + V_a\left(\frac{R_6}{R_9} + 1\right)\right)\frac{1}{R_8}\right] =$$

$$= V_b\left[\left(1 + \frac{R_5}{R_9}\right)\frac{R_9}{R_7 + R_8} - \frac{R_6}{R_9}\frac{R_7}{R_7 + R_8}\right] + V_a\left[\left(\frac{R_6}{R_9} + 1\right)\frac{R_7}{R_7 + R_8} - \frac{R_5}{R_9}\cdot\frac{R_8}{R_7 + R_8}\right]$$

$$V_{GUARD} = \left(V_{mc} - \frac{V_d}{2}\right)[\ldots] + \left(V_{mc} + \frac{V_d}{2}\right)\cdot[\ldots]$$

$$V_{GUARD} = V_{mc}\left[\left(1 + \frac{R_5}{R_9}\right)\cdot\frac{R_8}{R_7 + R_8} - \frac{R_6}{R_9}\frac{R_7}{R_7 + R_8} + \left(\frac{R_6}{R_9} + 1\right)\frac{R_7}{R_7 + R_8} - \frac{R_5}{R_9}\frac{R_8}{R_7 + R_8}\right] + \frac{V_d}{2}\left[-\left(1 + \frac{R_5}{R_9}\right)\frac{R_8}{R_7 + R_8} + \frac{R_6}{R_9}\cdot\frac{R_7}{R_7 + R_8} + \left(\frac{R_6}{R_9} + 1\right)\frac{R_7}{R_7 + R_8} - \right.$$

$$\left. - \frac{R_5}{R_9}\frac{R_8}{R_7 + R_8}\right]$$

$$V_{GUARD} = V_{mc}\left(\frac{R_7 + R_8}{R_7 + R_8}\right) + \frac{V_d}{2}\left[-\left(1 + \frac{2R_5}{R_9}\right)\frac{R_8}{R_7 + R_8} + \left(\frac{2R_6}{R_9} + 1\right)\frac{R_7}{R_7 + R_8}\right]$$

P2)

$R_1 = R_3 = R_5 = R_6 = R$

$R_2 = R_4 = KR$

$R_7 = R_8$

$$V_o = V_{ref} + V_{mc}(K - K) + \frac{V_d}{2}\left[\left(\frac{R_8 + 2R}{R_8}\right)\left(\frac{K}{K+1}\right)(K+1) + \frac{K(R_8+2R)}{R_8}\right]$$

$$V_d\left[\frac{K(R_8+2R)}{R_8}\right]$$

$$CMRR = \frac{(R_8+2R)\,K\,R(R+KR)}{0} = \infty$$

$U_{G(VAR)} = V_{mc}$

P3

a/ $R_1 = R(1+\alpha_1)$ $\quad \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0'01$

$R_2 = KR(1-\alpha_2)$ $\quad K = 1$

$R_3 = R(1-\alpha_3)$

$R_4 = KR(1+\alpha_4)$

$$CMRR = \frac{A_{dl}}{A_{mc}} = \frac{1}{0'0198} = 50'5$$

$$A_{mc} = \frac{R_4(R_1+R_2)}{R_1(R_3+R_4)} - \frac{R_2}{R_1} = \frac{KR(1+\alpha_4)\left(R(1+\alpha_1)+KR(1-\alpha_2)\right)}{R(1-\alpha_1)\left(R(1-\alpha_3)+KR(1+\alpha_4)\right)} - \frac{KR(1-\alpha_2)}{R(1+\alpha_1)} = \frac{1'01\,(1'01+0'99)}{1'01\,(0'99+1'01)} =$$

$$= 1 - \frac{0'99}{1'01} = 0'0198$$

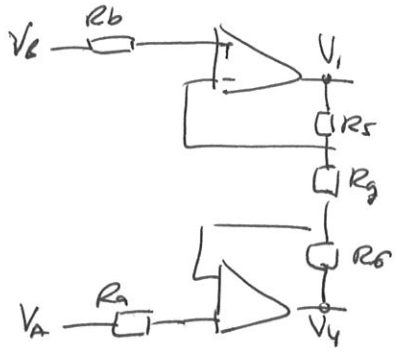
A_{dl}	$CMRR_{dB}$
1	50'5
10	505
100	5050
1000	50500

b/ $CMRR_{A01} = CMRR_{A12} = CMRR_{A03} = 90\,dB$

$CMRR_{AI} = CMRR_{A_0}(dB) = 20 \log A_{dl\,AI}$

$$A_{dl} = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{R_8+2R_6}{R_8}\right)\cdot\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\cdot\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right) + \frac{R_2(R_8+2R_5)}{R_1 R_8}\right]$$

P4/



$$-V_{SAT} < V_1, V_4 < V_{SAT}$$

$$V_1 = V_{mc} - V_d\left(\frac{1}{2} + \frac{R_6}{R_g}\right)$$

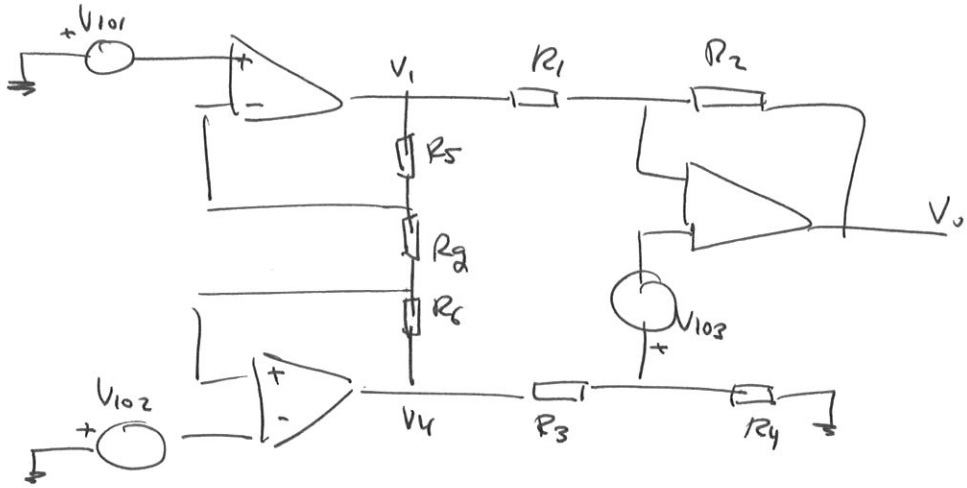
$$V_4 = V_{mc} + V_d\left(\frac{1}{2} + \frac{R_6}{R_g}\right)$$

$$15 = V_{mc} + \left(\frac{1}{2} + \frac{R_6}{R_g}\right)V_d$$

$$-15 = V_{mc} - \left(\frac{1}{2} + \frac{R_5}{R_g}\right)V_d$$

$$\Rightarrow V_{mc} = \pm 10V$$

P5/ V_{101}, V_{102}, V_{103}



$$\frac{V_1 - (-V_{101})}{R_5} = \frac{-V_{101} - (-V_{102})}{R_g} = \frac{-V_{102} - V_4}{R_6}$$

$$V_1 = \frac{R_5}{R_g}\left(-V_{101} + V_{102}\right) - V_{101} = -V_{101}\left(1 + \frac{R_5}{R_g}\right) + V_{102}\cdot\frac{R_5}{R_g}$$

$$V_4 = -\frac{R_6}{R_g}\left(-V_{101} + V_{102}\right) - V_{102} = V_{101}\frac{R_6}{R_g} - V_{102}\left(1 + \frac{R_6}{R_g}\right)$$

$$V_2 = V_4\,\frac{R_4}{R_3 + R_4} \qquad V^- = V_4\,\frac{R_4}{R_3 + R_4} - V_{103}$$

$$\frac{V_1 - V^-}{R_1} = \frac{V^- - V_o}{R_2}$$

$$\frac{V_o}{R_2} = V^-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) - \frac{V_i}{R_4} = \left(V_4\,\frac{R_4}{R_4+R_3} - V_{IO3}\right)\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right) - \frac{V_1 R_2}{R_1} = V_o$$

$$= \left[\left(V_{IO1}\,\frac{R_6}{R_g} - V_{IO2}\left(1+\frac{R_6}{R_g}\right)\right)\frac{R_4}{R_3+R_4} - V_{IO3}\right]\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right) - \frac{R_2}{R_1}\left(-V_{IO1}\left(1+\frac{R_5}{R_g}\right)+V_{IO2}\,\frac{R_5}{R_g}\right) =$$

$$= V_{IO1}\left[\left(\frac{R_6}{R_g}\right)\cdot\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\left(\frac{R_2+R_1}{R_1}\right) + \frac{R_2}{R_1}\left(1+\frac{R_5}{R_g}\right)\right] - V_{IO3}\left(\frac{R_2+R_1}{R_1}\right) -$$

$$- V_{IO2}\left[\left(\frac{R_g+R_6}{R_g}\right)\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\left(\frac{R_2+R_1}{R_2}\right) + \frac{R_2 R_5}{R_1 R_g}\right]$$

$$= V_{IO1}\left[\left(\frac{R_6}{R_g}\right)\cdot\left(\frac{R\,1'01}{R(0'99+1'01)}\right)\left(\frac{0'99\cdot 1'01}{0'99}\right) + \frac{0'99}{1'01}\left(1+\frac{R_5}{R_g}\right)\right] -$$

$$- V_{IO2}\left[\left(\frac{R_g+R_6}{R_g}\right)\left(\frac{1'01}{0'99+1'01}\right)\left(\frac{0'99+1'01}{0'99}\right) + \left(\frac{0'99\,R_5}{1'01\,R_g}\right)\right] - V_{IO3}\left(\frac{0'99+1'01}{1'01}\right) =$$

$$= V_{IO1}\left[\frac{R_6}{R_g}\,1'02 + 0'98\left(1+\frac{R_5}{R_g}\right)\right] - V_{IO2}\left[\left(\frac{R_g+R_6}{R_g}\right)1'02 + 0'98\,\frac{R_5}{R_g}\right] - V_{IO3}\cdot 1'98$$

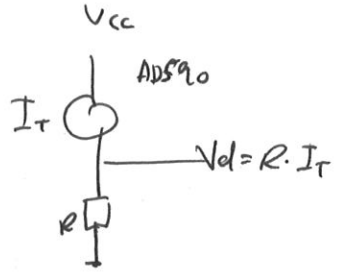
PS/ $-55^\circ C$ a $150^\circ C \rightarrow (218$ a $423)$

$I_{min} = \left(1\,mA/^\circ K\right)\cdot T(K) = 1\cdot 10^{-6}\cdot 218 = 218\,\mu A$

$I_{max} = 1\cdot 10^{-6}\cdot 423 = 423\,\mu A$

No linealitat $\Rightarrow$ error de mesura de $\pm 3^\circ C$

P7/



$V_{cc} = 15 \div 20\,V$ $\quad R = 1k$ $\quad V_{cc} = 5 \div 10\,V$

$PSRR = 20 \log \left(\frac{\Delta V}{\Delta V_{IO}} \right)$

a/ $V_{cc} = 15 \div 20\,V$ $\quad PSRR = 0{,}1\,\mu A/V$ $\quad \Delta V_{cc} = 5\,V$

$$PSRR = \frac{\Delta V_{cc}}{\Delta I_o} \Rightarrow \Delta I_o = PSRR \cdot \Delta V_{cc}$$

$$V_d = R\,(I_T + \Delta I_o) = 1k\,(I_T + PSRR \cdot \Delta V_{cc})$$

$$e_v = \Delta V_d = 1k \cdot PSRR \cdot \Delta V_{cc} = 1k \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 0{,}5\,mV$$

$$e_T = 1k \cdot 0{,}1\,\frac{k}{V} \cdot 5 = 500$$

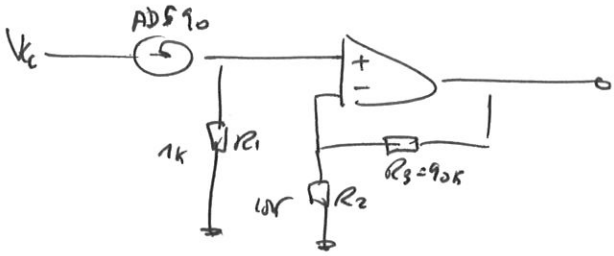
b/ $V_{cc} = 5 \div 10\,V$ $\quad PSRR = 0{,}2\,\mu A/V$

$$e_v = 1k \cdot 0{,}2\,\mu\frac{A}{V} \cdot 5\,V = 1\,mV$$

P8/

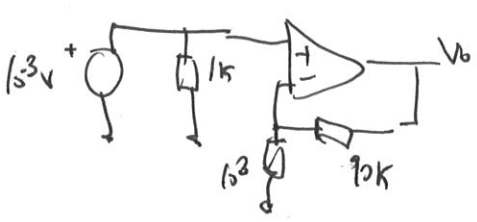
$V_{BW} = 1\,MHz$

$T = 298\,K$



$$V_o = \left(\frac{10mV}{K} \right) \cdot T(K)$$

– Analisi case error:

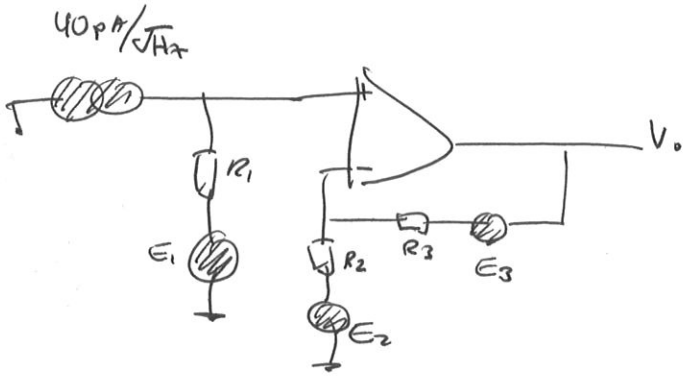


$1\,\mu A \cdot 1k = 10^{-3}V$

$10^{-3}V \cdot V_o \frac{1}{100}$

$V_o = 10^{-2}V = 10mV$

AD590 → { current de scroll
$40\,pA/\sqrt{Hz}$



$k = 1'38 \cdot 10^{-23}$ J/K

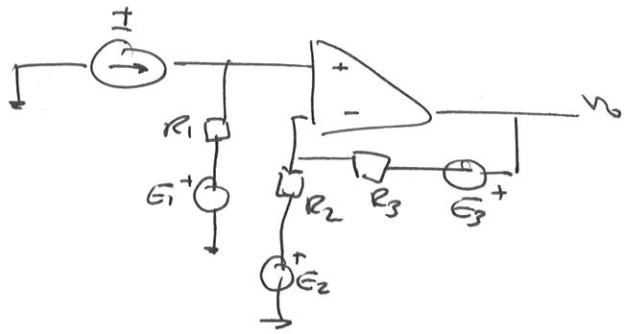
$E_1 = \sqrt{4kTR_1} = 4\ nV/\sqrt{Hz}$

$E_2 = \sqrt{4kTR_2} = 12'8\ nV/\sqrt{Hz}$

$E_3 = \sqrt{4kTR_3} = 38'4\ nV/\sqrt{Hz}$

Ample de Banda de lleg. de soroll $BW = 1'57 \cdot BW_{-3dB} = 152\ kHz$

$\Rightarrow 1\ MHz$



$V^+ = V^- = IR_1 + E_1$

$$\frac{E_2 - V^-}{R_2} = \frac{V^- - (V_o - E_3)}{R_3}$$

$$\frac{V_o}{R_3} = \frac{E_3}{R_3} - \frac{E_2}{R_2} + (IR_1 + E_1)\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

$$V_o = E_1\left(\frac{R_3}{R_2} + 1\right) + IR_1\left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) - \frac{E_2 R_3}{R_2} + E_3$$

$$V_o^2 = E_1^2\left(\frac{R_3}{R_2} + 1\right)^2 + I^2R_1^2\left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right)^2 + E^2\left(\frac{R_3}{R_2}\right)^2 + E_3^2 =$$

$$= \frac{(4nV)^2}{Hz}(9+1)^2 + \frac{(40pA)^2}{Hz}(1K)^2\left(1+9\right)^2 + \frac{(12'8nV)^2}{Hz} \cdot 9^2 + \frac{(38'4nV)^2}{Hz} =$$

$$= 1'6 \cdot 10^{-15} + 1'6 \cdot 10^{-13} + 1'32 \cdot 10^{-14} \cdot 1'47 \cdot 10^{-15} = 1'76 \cdot 10^{-13}\ V^2/Hz$$

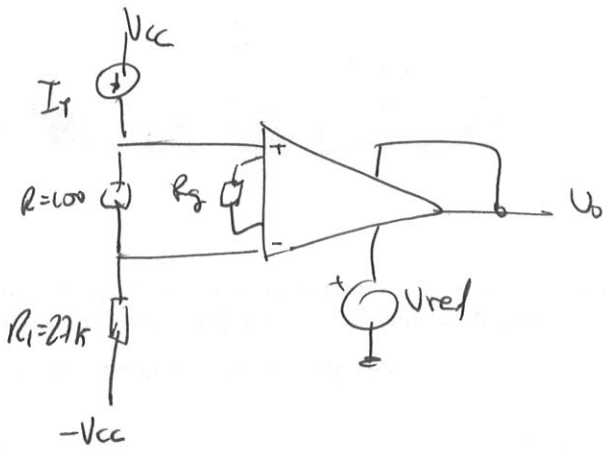
$$V = V_o \sqrt{B_N} = 0'5 mV$$

P9

$\Delta AI = ?$

$V_o = V_{ref} + 5 \cdot T(°C) = 4 + \left(\frac{10mV}{°C}\right) \cdot T(°C)$

$V_{ref} = ?$



$$V_o = V_{ref} + V_d \frac{1k\,(R_g + 2k)}{R_2}$$

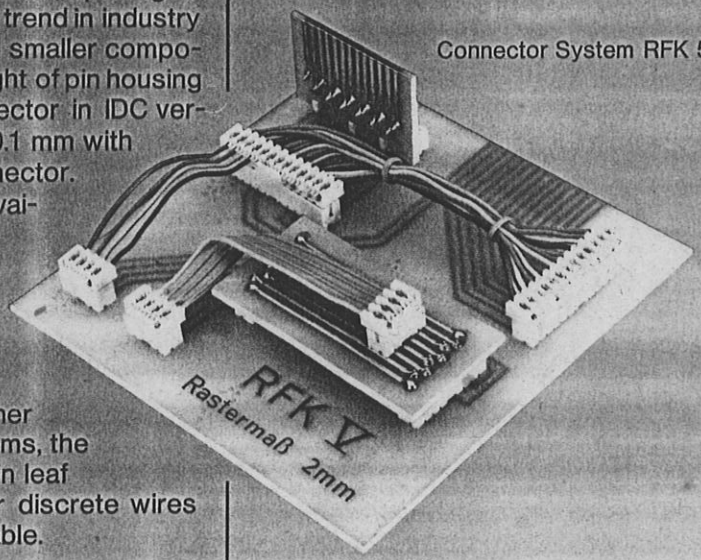
$$V_d = I_T \cdot R = 1\mu A \cdot 100\,(T + 273)$$

$$V_o = V_{ref} + 1\mu A \cdot 100\,(T + 273) \cdot \left(\frac{1k\,(R_g + 2k)}{R_g}\right)$$

Connector System RFK 5

RFK 5 is a complete connector system in either crimp, IDC or solder versions with a contact spacing of 2 mm. It reflects the trend in industry towards smaller and smaller components. The total height of pin housing plus a socket connector in IDC version is 7.7 mm or 10.1 mm with a female crimp connector. Pin mouldings are available in vertical and horizontal form. They are equipped with a latch in which the socket connector engages. Like all other STOCKO IDC systems, the contacts feature twin leaf springs. Suitable for discrete wires as well as ribbon cable.

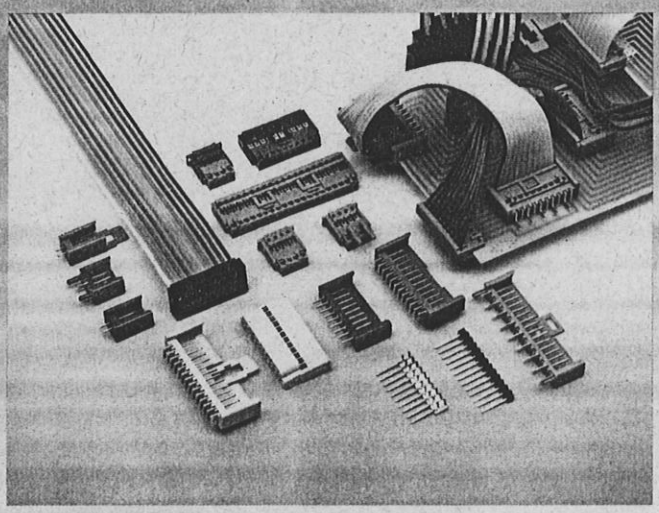
Connector System RFK 5



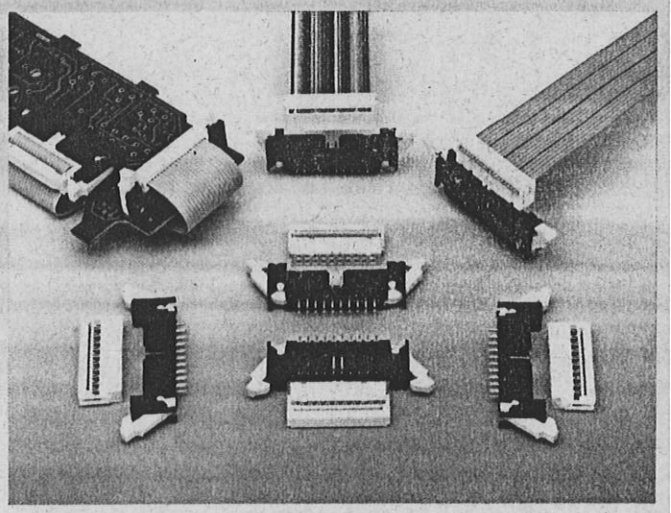
Connector System RFK 20

This connector system for ribbon cable to DIN 41651 provides a range of male and female multi-way connectors with which secure electrical connections can be made in a very simple manner. Here, too, contacts with twin IDC slots and twin leaf springs are used. The ribbon cable does not require stripping of insulation, thus ensuring economic terminating. The pin connectors are available in vertical and horizontal versions.

Connector Systems RFK 1/2/2 S



Connector System RFK 20



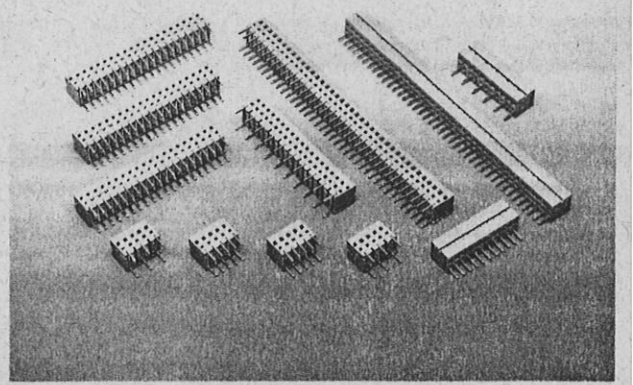
Connector Systems RFK 1/2/2 S

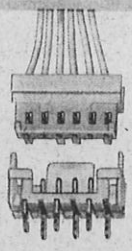
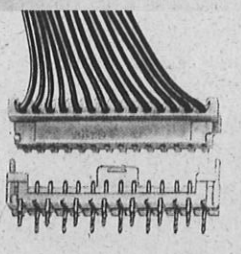
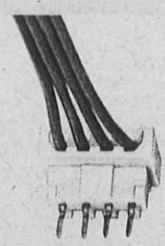
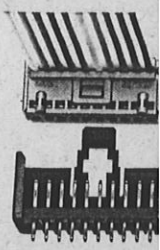
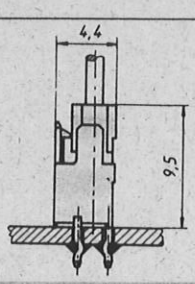
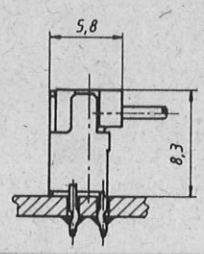
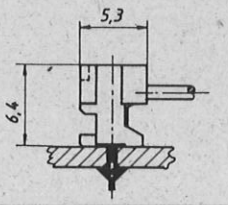
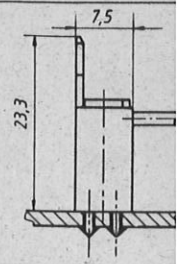
These connectors with a contact spacing of 2.54 mm and 2.5 mm resp. in crimp, IDC or solder versions were developed specially for pcb and modular application. They are produced in 2 – 20 way versions and are suitable for discrete wires, as well as ribbon cable. Perfect pull or strain relief of the wire is achieved through the cover. Twin contact springs of leaf spring principle ensure uniform insertion and withdrawal forces with a constant specific contact pressure. That applies to direct as well as indirect pc board connectors.

Connector System RFK 3

This is a board/board system (modular system with solder lugs and a contact spacing of 2.5 mm).

Connector System RFK 3



Raster Contact spacing	**2 mm**			
Programm Range		**RFK 5**		
Anschlußart Termination	Crimpanschluß Crimp termination	Schneidklemmanschluß Insulation displacement termination		Insulat
Beispiel Example				
Maße Dimensions				
Polzahlen Positions	2 — 15			
Leiterplattendicke Thickness of printed circuit board	1,0 / 1,5 mm			
Kabelquerschnitt Wire gauge	0,03 — 0,2 mm²	0,08 / 0,14 / 0,22 mm²		Andere Querschnitte
Technische Daten Technical data — Max. Strombelastung je Kontakt Max. current load per contact	2,5 A / 70 °C			
Technische Daten Technical data — Temperaturbereich Temperature range	— 40 °C bis to + 115 °C			— 40 °C
Technische Daten Technical data — Isolationswiderstand Insulation resistance	> 10^9 Ω			
Technische Daten Technical data — Durchgangswiderstand Contact resistance	< 10 m Ω			
Isolation Insulation — Material Material	PESU / Polyamid 6.6 PESU / Polyamide 6.6			
Isolation Insulation — Entflammbarkeit UL Inflammability UL	UL 94 — VO			
Kontakt Contact — Material Material	Cu Sn 8	Cu Ni 9 Sn 2		
Kontakt Contact — Oberfläche Finish	verzinnt tin plated			
Bemerkungen Notes	Die Stiftwannen sind als stehende und liegende Variante lieferbar. Die Stiftanschlüsse sind neben der Standard „Dual-In-Line" Ausführung auch als „In-Line" Version erhältlich. The pin connectors are available as vertical and horizontal versions. The solder ends of pins are either in standard version dual-in-line but are also available in single in-line configuration.			Die Stiftwannen sind in der und liegender For oder ohne Rastlasch „Dual-In-Line" oder „I Kontakten lieferbar. The pin connectors are able in vertical and ho versions with or withou lock with solder ends line or single in-line c ration.
Approbationen Approvals	ULE 96569 (beantragt/pending)			

TOCHTERGESELLSCHAFTEN / SUBSIDIARIES

BELGIEN
STOCKOBEL S.P.R.L.
Route de Falize 181
B-4890 Malmédy
Tél. (080) 85 22 11
Télex 49 326 sto bel

FRANKREICH
STOCKO-FRANCE S.A.
F-67140 Barr
Boîte Postale 20
Tél. 88 08 00 20
Télex STOCKO 870093 F
FAX 003388089729

GROSSBRITANNIEN
HESTO
(Henkels-Stocko) Ltd.
21-23, Station Close
GB-Potters Bar / Herts.
Tel. (0707) 5 08 82
Telex 23 801
G 2 FAX 0707/42735

SCHWEIZ
STOCKO Metallwaren AG
Grubenstr. 39
CH-8045 Zürich
Tel. (01) 463'61'61-62
Telex 813 602
FAX 01/46 36 181

SINGAPUR
STOCKO Singapore PTE LTD
35 Tannery Road, #08-04
Ruby Industrial Complex
Singapore 1334
Tel. 744 1157
Telex RS 55 286 HYNET
FAX (65) 748 31 86

TUNESIEN
STOCKO TUNISIE S.A.R.L.
Route de Sousse km 13
2034 Ez-Zahra
Tél. (061) 48 23 61
Télex 13 067 tn
G 2 FAX 002161482361

USA
BLACKWOOD-STOCKO CORP.
405 County Ave.
P.O. Box 25 48
Secaucus, N.J. 07096-2548
New Jersey: (201) 867-6848
New York: (212) 966-0164
FAX (201) 86 77 449

VERKAUFSBÜRO / SALES OFFICE

STUTTGART
STOCKO-Verkaufsbüro
Postfach 42 47
Gutenbergstr. 10
7012 Fellbach
Tel. (07 11) 51 30 15
FAX 0711/51 30 16

STOCKO SCHNELLVERSAND FÜR KLEINMENGEN
STOCKO EXPRESS MAILING SERVICE FOR SMALL QUANTITIES

NÜMBRECHT
STOCKO Metallwarenfabriken
Henkels und Sohn GmbH & Co
Harscheider Str. 12
5223 Nümbrecht
Tel. (02293) 515
FAX 02293/36 05

VERTRETUNGEN / REPRESENTATIVES

BERLIN u. DDR
von der Weppen
Industrievertretungen KG
Laehrstraße 8
1000 Berlin 37
Tel. (030) 8 15 10 81
Telex 184 935
FAX (030) 8 152 045

DUISBURG
Karl Püplichhuisen KG
Postfach 10 12 27
Koloniestr. 74
4100 Duisburg 1
Tel. (02 03) 35 19 74
35 11 98
Telex 8 551 314
FAX (02 03) 375 305

FRANKFURT
Heinrich Baum GmbH
Industrievertretungen
Elektrotechnik–Elektronik
Hofheimer Str. 14
6230 Frankfurt a. M. 80
Tel. (069) 36 27 45
Telex 41 89 411 rmed
FAX (069) 361 014

HAMBURG
Werner Wirth GmbH
Basselweg 103
2000 Hamburg 54
Tel. (040) 5 40 30 06
Telex 212 974
FAX (040) 540 41 19

HANNOVER
Wirth Elektronik GmbH
Postfach 100348
Borsigstr. 13
3004 Isernhagen 1
Tel. (05 11) 61 00 74
Telex 921 148
FAX (0511) 612 575

MÜNCHEN
Zillner Elektronik GmbH
Postfach 190 955
Notburgastr. 5
8000 München 19
Tel. (089) 17 91 08-0
Teletex (17) 898 654
FAX (089) 17 83 549

NÜRNBERG
Hoppe & Co. Electronic
Raabstr. 24
8500 Nürnberg 80
Tel. (09 11) 32 71 75
Telex 622 466 HOCOd
FAX (09 11) 327 141

BELGIEN
Givatec P.V.B.A.
Keibergstraat 31
B-1930 Zaventem
Tel. (02) 720 89 95
Telex 24 159
FAX (02) 720 42 55

DÄNEMARK
Per Buhl
Elektronik
Marievej 19
DK-3060 Espergærde
Tel. 42-23 14 45
FAX 42-23 12 24

FINNLAND
Freudenberg Oy
Keskuojankatu 16
SF-33900 Tampere
Tel. 31-657 000
Telex 222 44
FAX 31-657 600

FRANKREICH
STOCKO-FRANCE S.A.
F-67140 Barr
Boîte Postale 20
Tél. 88 08 00 20
Télex STOCKO 870093 F
FAX 003388089729

GRIECHENLAND
SASTA
A. Sakelliou & Sons o.E.
293, Acharnon Street
GR-10446 Athens
Tel. 83 22 611-12
Telex 021-6981
FAX 1-83 25 444

GROSSBRITANNIEN
HESTO
(Henkels-Stocko) Ltd.
21-23, Station Close
GB-Potters Bar / Herts.
Tel. (0707) 5 08 82
Telex 23 801
G 2 FAX 0707/42 735

ISRAEL
Frank Agencies
5 Smolenskin Street
IL-63415 Tel Aviv
Tel. (03) 24 71 76/77
Telex 341 678

ITALIEN
COMAREL S.p.A.
Via Montepulciano 17
I-20124 Milano
Tel. (02) 6705412/912
Telex 311 514
FAX (02) 67 01 624

JUGOSLAWIEN
Elektrotehna
Do Junel, TOZD Elzas
Poljanska 25
YU-61000 Ljubljana
Tel. (061) 32 97 45
Telex 31 767
FAX (061) 328 744

NIEDERLANDE
AVT Deurne-Holland
Dr. H. van Doorneweg 8
NL-5753 PM Deurne
Tel. (04930) 158 65
Telex 51 368
FAX (049 30) 15 512

NORWEGEN
Cabletech A.S.
Stalfjaera 1
Postboks 35, Kalbakken
N-0901 Oslo 9
Tel. (02) 25 77 58
FAX (02) 25 22 20

ÖSTERREICH
Ludwig Seibold
Postfach 204
Wipplinger Str. 24
A-1013 Wien
Tel. (02 22) 533 47 77-0
Telex 114 528
FAX (02 22) 533 4777-75
Audio/Video Ind.

ÖSTERREICH
Codico Ges. mbH & Co. KG
Aspettenstr. 48
A-2380 Perchtoldsdorf
Tel. (02 22) 86 24 28
Telex 134 413
FAX (02 22) 863 257
Industrieelektrik / Elektronik

PORTUGAL
Lasi Electronica Lda.
Rua das Pias
Paço d'Arcos
P-2780 Oeiras
Tel. 1-442 67 05
1-443 70 85
Telex 12 810
FAX 01/44 29 719

SCHWEIZ
STOCKO Metallwaren AG
Grubenstr. 39
CH-8045 Zürich
Tel. (01) 463'61'61-62
Telex 813 602
FAX 01/46 36 181

SCHWEDEN
AD-Contakt AB
Box 7044
S-172 07 Sundbyberg
Tel. (08) 764 63 50
Telex 12 467 adcon s
FAX 08-983 256

SPANIEN
Otto Rating S.A.
Castellnou, 31-33
E-08017 Barcelona
Tel. (03) 204 20 00
Telex 51 903
FAX 03-205 62 64

SINGAPUR
Hynetic Electronics PTE LTD
35 Tannery Road, #08-04
Ruby Industrial Complex
Singapore 1334
Tel. 744 1157
Telex RS 55 286 HYNET
FAX (65) 748 31 86

SÜDAFRIKA
Kopp Electronics Ltd.
P.O. Box 2944
Johannesburg 2000
Tel. (011) 802-52 50
Telex 4-27 811
FAX (011) 802-4593

TAIWAN
Greendich Enterprise Co.
10th Floor
172 Nanking East Road
Taipeh / TAIWAN
Tel. (02) 56 52 052
Telex 140 46
FAX (02) 581 9101

TÜRKEI
Pietro Marmara
Postfach 152
TR-80002 Karaköy/
Istanbul
Tel. 155 51 88
Telex 24 683 txk tr
FAX (901) 15 48 198

UNGARN
Codico
Ges. mbH & Co. KG
Aspettenstr. 48
A-2380 Perchtoldsdorf
Tel. (02 22) 86 24 28
Telex 134 413
FAX (02 22) 863 257

USA
BLACKWOOD-STOCKO CORP.
STOCKO ELECTRO DIVISION
405 County Avenue
P.O. Box 2548
Secaucus, N.J. 07096–2548
Phone (201) 867–2046
FAX (201) 867–7449